

ВЛИЯНИЕ РКУ-ПРЕССОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ БРОНЗЫ

INFLUENCE ECA-PRESSING ON THE STRUCTURE OF BRONZE

¹А.Б. Найзабеков, ²С.Н. Лежнев, ³Д.В. Куис,

²И.Е. Волокитина, ²Т.В. Смольянова

(¹Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, Казахстан, ²Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан, ³Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Белоруссия, Sergey_legnev@mail.ru)

Abstract

Analysis of the influence of ECAP on structure tin bronze (alloy Br.OC4-3) showed that after each cycle of deformation is intensive grinding of grains. Thus, after the first passage there is a pronounced deformation texture and a large variation in grain size, but after four passages formed a homogeneous, ordered microstructure with grain size 0.7 microns.

Оловянные бронзы обладают уникальным сочетанием высоких прочностных и упругих свойств, особенно после значительной холодной пластической деформации, также они имеют высокую коррозионную стойкость (особенно в морской воде), хорошие антифрикционные свойства, низкий коэффициент трения и высокое сопротивление износу. Вследствие этого, оловянные бронзы, несмотря на их стоимость, используются в качестве конструкционного материала для деталей узлов трения ответственного назначения, работающих в сложных условиях эксплуатации (большие нагрузки, скорости скольжения, плохие условия смазки, наличие коррозионной среды и др.) [1–2]. Добиться повышения механических свойств данного сплава возможно путем получения ультрамелкозернистой структуры методами интенсивной пластической деформации (ИПД). Так как уже давно доказано, что именно интенсивная пластическая деформация демонстрирует хорошую перспективу при создании новых высокопрочных материалов с уникальным комплексом физических и механических свойств [3–4].

И наиболее перспективным методом реализации интенсивной пластической деформации во всем объеме деформируемой заготовки является метод равноканального углового прессования (РКУП).

Хотя РКУП не позволяет достичь экстремальных степеней деформации, как, например, при кручении под квазигидростатическим давлением, но его несомненным преимуществом является возможность получения объемных ультрамелкозернистых заготовок. Это преимущество позволяет исследователям, занимающимся данным вопросом, изучать не только структуру, сформированную при ИПД, но и механические свойства ультрамелкозернистых материалов при растяжении и сжатии.

Если вопросы, касающиеся влияния химического состава и термической обработки на структуру, механические и коррозионные свойства оловянных бронз, исследованы достаточно подробно [1–2], то структурные аспекты при больших пластических деформациях в современной литературе рассмотрены недостаточно полно. Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы является исследование влияния РКУП на структуру однофазной оловянной бронзы.

Хочется отметить, что данная работа, выполненная в рамках госбюджетной финансируемой темы «Получение высококачественных материалов совмещением термической обработки и интенсивной пластической деформации» по программе «Грантовое финансирование научных исследований на 2012-2014 годы».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом исследования была выбрана однофазная бронза марки Бр.ОЦ4–3. Для выравнивания химического состава в однофазной бронзе и для превращения двухфазной структуры с включениями твердой δ -фазы в однофазную α -фазу (в связи с чем повышается пластичность) бронзу подвергли гомогенизации при 700–750°C с последующим быстрым охлаждением. Образцы квадратного сечения 15×15×70 мм подвергали РКУ-прессованию в матрице с углом стыка каналов 125° по маршруту Вс с кантовкой заготовки на 90° вокруг продольной оси [5]. Трение между инструментом и заготовкой снижалось применением пальмового масла в качестве лубриканта.

При повышении температуры РКУ-прессования возможно развитие процесса дефор-

мационно-стимулированного роста зерен во время деформирования. Для того чтобы исключить влияние деформационно-стимулированного роста зерен, необходимо осуществлять деформирование при температурах более низких, чем температура начала рекристаллизации микроструктурного материала [6]. Поэтому температура прессования выбрана 400°C, количество циклов деформирования – четыре.

Подготовка шлифов для металлографических исследований после прессования осуществлялась по стандартной методике, для исследования использовались оптический микроскоп Leica, обору-

дованный микротвердомером. Для определения механических характеристик сплава после термической обработки и после-

дующего РКУП была использована крутильно-разрывная машина М140КУ. Для испытаний использовали стандартные образцы цилиндриче-

ской формы, скорость растяжения была 0,5 мм/мин. Это значение соответствует скорости деформации равной $0,56 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Микроструктура исходной бронзы представлена на рисунке 1. В исходном состоянии однофаз-

ная оловянная бронза имеет зеренную структуру со средним размером зерна 45мкм (рис. 1).

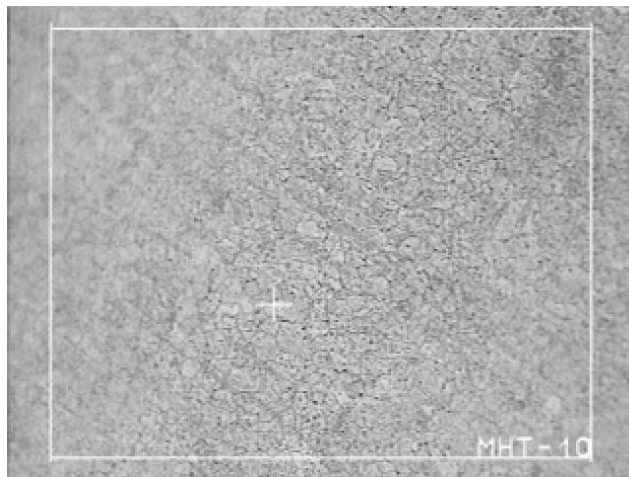
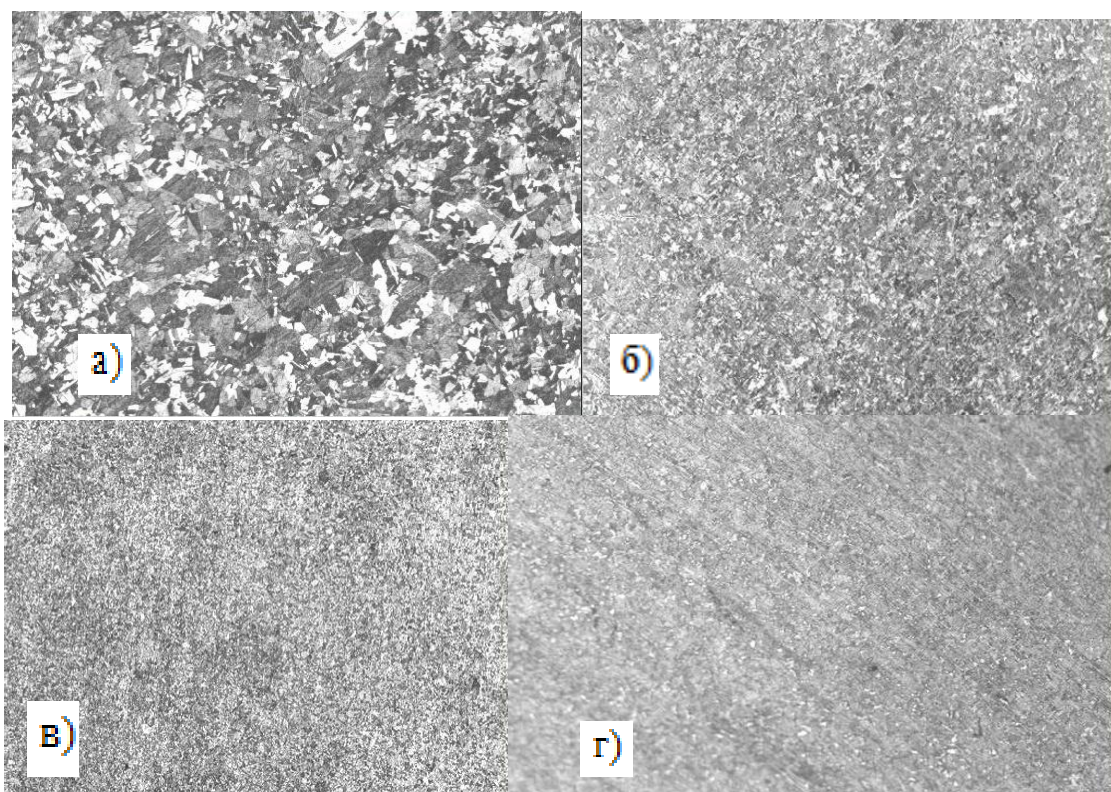


Рис. 1 - Исходная микроструктура сплава Бр.ОЦ4–3, x100

Для оценки эффективности РКУП, необходимо сравнить микроструктуру бронзы до и после деформирования. Микроструктура оловянной

бронзы, полученная после прессования, представлена на рисунке 2.



а – после первого цикла деформирования, б- после второго цикла деформирования, в – после третьего цикла деформирования, г – после четвертого цикла деформирования

Рис. 2 - Микроструктура сплава Бр.ОЦ4–3 после РКУ-прессования, x100

Металлографический анализ показал, что после первого прохода РКУ-прессования границы большинства зерен вытянуты по направлению течения металла (рис 2а), а их заметное искривление указывает на высокий уровень внутренних напряжений и наличие упругих искажений кристаллической решетки. Следует отметить, что уже после первого прохода сформировалась субзеренная структура с малоугловыми границами и наличием текстуры деформации.

После второго прохода в структуре исследуемого образца степень однородности зерен возрастает, а их размер монотонно уменьшается с увеличением степени накопленной деформации (рис. 2б). Вытянутые по направлению прессования зерна после первого прохода, приобрели более округлую форму после второго прохода, что очевидно связано с изменением маршрута прессования, и, следовательно, с направлением течения металла.

После третьего прохода (рис 2в) не наблюдается большого разброса в размерах зерен исследуемых зон, как после первого и второго проходов.

После четвертого прохода в исследуемом образце сформировалась однородная, упорядоченная, полосчатая микроструктура с размером зерен 0,7 мкм, имеющая малоугловые границы, при этом зерна являются сильно упругоискаженными с явной текстурой деформации (рис. 2г). Причиной этих упругих искажений являются дальнедействующие напряжения от неравновесных границ зерен.

Выводы: анализ микроструктуры протекторированного методом равноканального углового прессования сплава Бр.ОЦ4–З показал, что после каждого цикла деформирования происходит интенсивное измельчение зерна. После первых проходов наблюдается выраженная текстура деформации и большой разброс в размерах зерен, но уже после четырех проходов формируется однородная, упорядоченная микроструктура с размером зерен 0,7 мкм.

Список литературы

1. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы. - М.: Металлургия, 1974. - 488 с.
2. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. 2-е издание. - М.: Металлургия, 1970. 364 с.
3. Nanomaterials by Severe Plastic Deformation./Ed.Z. Horita Trans Tech Publications Ltd. 2006.- 1030 p.
4. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. - М.: ИКЦАкадемкнига, 2007. - 400 с.
5. Нано- и микрокристаллические материалы, полученные методами интенсивного пластического деформирования. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации./ В.Н. Чувильдеев, О.Э. Пирожникова, М.Ю. Грязнов и др.// Нижний Новгород. 2006.
6. Патент РФ № 2181314. Устройство для обработки металлов давлением. Рааб Г.И., Кулясов Г.В., Полозовский В.А., Валиев Р.З., 2002.